

СЕКЦІЯ 3. ПРИЛАДИ І МЕТОДИ КОНТРОЛЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ РЕЧОВИН

МОДЕЛЮВАННЯ ЄМНІСНОГО ДАВАЧА СКЛАДНОЇ ФОРМИ

Баженов В.Г., Івіцька Д.К

***Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”,
м.Київ, пр-т Перемоги, 37***

Моделювання давачів складної форми є актуальною проблемою у ємнісному методі неруйнівного контролю. Знаходження аналітичних розв’язків значення ємності можливе лише для давачів простої форми.

Ємності деяких типових конденсаторів були розраховані і узагальнені дослідниками [1]. Для розрахунку ємності плоского конденсатора прийнято використовувати конформне відображення [2]. Але, конформне відображення застосовується лише в 2D-постановках. Також існують інші методи, такі як функції Гріна [3] і метод моментів [4], однак ці способи придатні тільки для конфігурацій, які мають правильну симетрію (наприклад, концентричні геометричні форми). Щоб охарактеризувати копланарні зонди ємнісної томографії (наприклад, як показано на рис. 1) необхідним є 3D-аналіз та використання числових методів, зокрема методу кінцевих елементів.

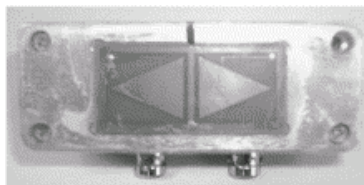


Рисунок 1 – Ємнісний давач

У загальному випадку, матеріали, що мають як діелектричні, так і провідні властивості, описуються рівняннями Максвелла-Ампера

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t},$$

де H – напруга магнітного поля; J – вільна щільність струму; D – щільність електричного потоку. Для усунення напруженості магнітного поля H

$$\nabla \cdot \left(J + \frac{\partial D}{\partial t} \right) = 0. \quad (1)$$

Враховуючи, що похідною щільності магнітного потоку B за часом можна знехтувати, і згідно закону Фарадея електричне поле E є вільним для звертання

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} = 0.$$

Таким чином, електричне поле E можна описати за допомогою електричного скалярного потенціалу розподілу $\varphi(x, y, z)$

$$E = -\nabla\varphi(x, y, z),$$

використовуючи конститутивні відносини

$$J = \sigma(x, y, z)E,$$

$$D = \varepsilon(x, y, z)E.$$

Вираз (1) має вигляд

$$\nabla[\sigma(x, y, z)\nabla\varphi(x, y, z)] + \nabla\left\{\frac{\partial}{\partial t}[\varepsilon(x, y, z)\nabla\varphi(x, y, z)]\right\} = 0.$$

де $\sigma(x, y, z)$ – розподіл провідності; $\varepsilon(x, y, z)$ – розподіл діелектричної проникності.

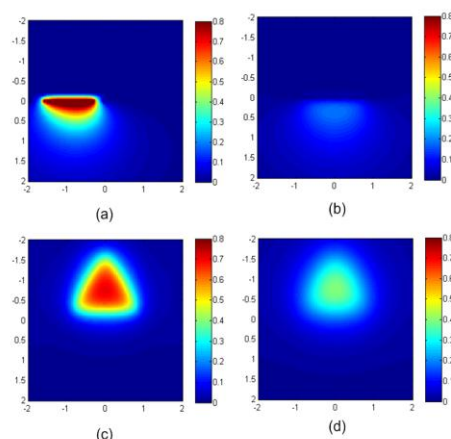


Рисунок 2 – Розраховані потенціали електричного поля

На рис. 2 зображено електричне поле у вигляді потенціалу в площинах (a) $y = 0$ (опорний електрод знаходиться зліва), (b) $x = 0$, (c) $z = -0.2$, (d) $z = -0.5$ (рушійний електрод знаходиться зверху). Розрахункова ємність для цього давача становить $1,30 \cdot 10^{-12}$ Ф.

Таким чином, комп'ютерне моделювання ємнісного давача дозволяє отримати значення розрахункової ємності для будь якої геометричної конфігурації.

Список література

1. Baxter L. K. //, Capacitive Sensors: Design and Applications. –Wiley: IEEE Press. — 1996.
2. Кочанов Э. С. // Радиотехника. — 1975. — Том. 7.
3. Chen T. Analysis of concentric coplanar capacitive sensor for nondestructive evaluation of multi-layered dielectric structures / T. Chen, N. Bowler // Dielectrics and Electrical Insulation. — 2010. — №17. — P. 1307—1318.
4. Bai E. W. Capacitor and the method of moments / E. W. Bai, K. E. Lonngren // Computers & Electrical Engineering. — 2004. — №30. — P. 223—229.